

**ПОСТРОЕНИЕ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО
ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СОБСТВЕННОГО
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

Васильева Ю.З.

Научный руководитель: Полищук В.И., к.т.н.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: vasilevayz@gmail.com

С развитием современных стратегий организации работ по техническому обслуживанию и ремонту основного электротехнического оборудования подстанций и линий электропередач все большее распространение приобретает концепция ремонтов «по техническому состоянию» [1]. В этой связи все большее применение находит техническая диагностика. Экономический эффект от использования диагностики высоковольтного оборудования связан с её способностью определять текущее техническое состояние и остаточный ресурс оборудования, выявлять дефекты на ранней стадии их развития и влиять на объём ремонтных работ. Из множества методов технической диагностики предпочтительнее автоматизированные методы, контролируемые состояние работающего под напряжением оборудования [2-4].

Одним из перспективных методов диагностики, способным определить техническое состояние объекта и отследить динамику развития дефектов, является анализ изменения электромагнитного излучения, исходящего от электротехнического оборудования.

Цель исследования – выявление дефектов высоковольтного оборудования путем анализа спектральных характеристик сигналов, измеренных датчиком электромагнитного излучения.

Постановка задачи:

1. Получить массив диагностической информации о состоянии электромагнитного поля объекта;
2. Составить алгоритм обработки данных;
3. Выявить диагностический признак конкретного вида дефекта.

В основе идеи мониторинга высокочастотного электромагнитного излучения высоковольтного оборудования лежит выявленная зависимость интенсивности проявления электрических разрядов, от возрастания деградации изоляции и появления дефектов в элементах конструкций.

Оценка технического состояния оборудования на основе спектрального анализа высокочастотных составляющей сигналов электромагнитного излучения, имеет ряд несомненных преимуществ перед известными способами.

- информация о наличии дефекта появляется на самой ранней стадии его возникновения, когда зарегистрировать его другими методами невозможно.

- в высокочастотной области практически всегда удается отстроиться от помех, источником которых являются коронные разряды (КР), поверхностные частичные разряды (ЧР), высокочастотная связь и т.д.
- возможна разработка методик обладающих широкими возможностями с точки зрения регистрации как внутренних, так и наружных дефектов оборудования.

Время действия КР, а также поверхностного ЧР составляет порядка десятков наносекунд и более, в то время как длительность протекания тока ЧР во внутренней изоляции – единицы наносекунд. Излучателями собственного электромагнитного излучения являются элементы конструкции оборудования, которые по существу выполняют роль вибраторных антенн. Учет характеристик этих антенн, их резонансных частот позволяет уточнить место расположения дефекта. Таким образом, верхняя часть собственного электромагнитного излучения может быть разделена на участки, характерные для отдельных источников излучений. Импульсы от разрядов имеют различные амплитуды и постоянные времени, поэтому спектры электромагнитного излучения, обусловленные серией импульсов, полимодальны.

Устройство диагностики трансформатора состоит из приемной антенны электромагнитного излучения, коннектора ввода, платы ввода/вывода, компьютера с монитором. Объектом исследования являлся автотрансформатор АТДЦТН-500000/500/220 установленный на ОРУ 500/220 кВ Экибастузской ГРЭС-1.

Информация о появлении дефектов изоляции в обмотках автотрансформатора должна немедленно появиться в спектре регистрируемого электромагнитного поля.

Излучающими элементами конструкций выступают изолированные от заземленного бака высоковольтные вводы, спуски, заключенные в изоляторах проводники, и т.д. В нашем случае излучающими антеннами являются вводы 500 кВ, 220 кВ и ввод земли.

Размеры вводов выступающих в качестве излучающих проводников равны: 4,24 м, 2,72 м, 0,59 м и 0,44 м.

Вводы в нашем случае являются излучающими антеннами с резонансными частотами излучения на уровне

$$(f_{pi})_n = nc / (4h_i) ,$$

где $i = 1, 2, \dots, i_{\max}$ – ввод; $n = 1, 2, 3, \dots$ – номер гармоники ряда Фурье; c – скорость света в м/с; h_i – высота i -го ввода, м.

Полезной информацией обладают полосы частот $(\Delta f_p)_n$ которые можно определить как $(\Delta f_{pi})_n = (f_{pi})_n / Q_{in}$, где Q_{in} – эквивалентная добротность антенны находящаяся в диапазоне от 2 до 5.

В табл. 1 приведены данные об информативных частотных диапазонах для первых резонансных частот вводов автотрансформатора 500 кВ.

Таблица 1
Диапазон частот и информационных частотных полос для автотрансформатора 500 кВ

Номер ввода	Ширина информ. частотной полосы, МГц	Границы частотной полосы, МГц	Частота основного резонанса, МГц
Ввод 1, 500кВ	$(\Delta f_{p1})_1=5$	от 15,2 до 20,2	$(f_{p1})_1=5$
Ввод 2, 220 кВ	$(\Delta f_{p2})_1=8$	от 23,6 до 31,6	$(f_{p2})_1=8$
Ввод 3, земля	$(\Delta f_{p3})_1=36$	от 110 до 146	$(f_{p3})_1=36$

Процедура проведения мониторинга выглядит следующим образом:

1. Определение размеров вводов, являющихся излучающими антеннами.
2. Расчет или экспериментальное определение резонансных частот излучающих антенн.
3. Определение величины информативных частотных полос этих антенн для первой резонансной частоты.
4. Расчет резонансных частот и величины информативных частотных полос для высших гармоник.
5. Определение габаритов приемной антенны.

В качестве приемника желательно использовать типовой промышленный приемник со встроенным АЦП и микропроцессором, дающим возможность обрабатывать энергетические спектры электромагнитных волн в необходимом частотном диапазоне.

Оценка состояния оборудования по коэффициенту интегральной мощности электромагнитных колебаний в заданной информативной полосе. Коэффициент интегральной мощности K_n среди квалификационных характеристик спектров является наиболее показательным и определяется для каждой n -ой информативной частотной полосы как отношение интегральной мощности обследуемого оборудования $P_{n \text{ обсл}}$ к интегральной мощности эталонного $P_{n \text{ эт}}$:

$$K_n = P_{n \text{ обсл}} / P_{n \text{ эт}},$$

где $P_n = \int_{f_{n \min}}^{f_{n \max}} S_n^2(f) df$ – интегральная мощность излучения оборудования в полосе частот $f_{n \min} \leq f_n \leq f_{n \max}$; $S_n(f)$ – плотность интегральной мощности излучения.

На рис.1 приведено изменение коэффициентов интегральной мощности в течение 6 месяцев. Из графика видно, что изменение коэффициента в пределах от 1,06 до 1,23, что характеризует стабильность работы оборудования. Эти данные подтверждаются результатами регламентных испытаний.

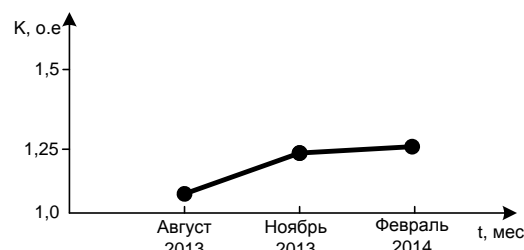


Рис.1 Изменение коэффициентов интегральной мощности

Вывод. Электромагнитное излучение может служить основой построения технической диагностики. В качестве критериев оценки состояния высоковольтного оборудования может выступать интегральная мощность излучения, коэффициент интегральной мощности.

Список литературы

1. Концепция диагностики электротехнического оборудования подстанций и линий электропередачи электрических сетей ОАО «ФСК ЕЭС». – М.:2004, 172 с.
2. Силин Н.В. Электромагнитный способ оценки технического состояния высоковольтного оборудования // Промышленная энергетика. 2006. № 1. С. 8-11.
3. Абрамов О.В., Кондратьев Г.А. Автоматизированные информационно-управляющие системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. – Дальнаука, 2005. – 190 с.
4. Кучинский Г.С. Частичные разряды в высоковольтных конструкциях. М.: Энергия, 1979. 220 с.